

Для успешной работы метода динамического программирования необходимо информационное обеспечение, позволяющее эффективно строить функцию Беллмана. Необходимой информацией являются значения доз радиации, получаемых персоналом при всех возможных перемещениях и при выполнении демонтажа соответствующего объекта в зависимости от списка недемонтированных объектов. С этой целью разработано программное обеспечение, рассчитывающее отмеченные выше дозы.

Разработанное программное обеспечение позволяет осуществлять следующие операции, необходимые для получения расчетных матриц, используемых в динамическом программировании:

- ввод исходных данных – физические характеристики объектов (помещения, оборудования и т. п.);
- отображение входных данных на экране в 3D сцене с помощью библиотеки OpenGL;
- разделение конструкций на отдельные объекты, подлежащие демонтажу;
- непосредственный расчет доз облучения на множестве переходов между объектами;
- формирование расчетных матриц, используемых в динамическом программировании.

Тестирование созданного программного обеспечения показало его эффективность.

#### Список литературы

1. Беллман Р. Применение динамического программирования к задаче о коммивояжере // Кибернетический сборник. М. : Мир, 1964. Т. 9. С. 219–228.
2. Беллман Р. Динамическое программирование. М. : Мир, 1960. 200 с.
3. Методы маршрутизации и их приложения в задачах повышения безопасности и эффективности эксплуатации атомных станций / В. В. Коробкин, А. Н. Сесекин, О. Л. Ташлыков, А. Г. Ченцов. М. : Новые технологии, 2012. 233 с.

УДК 621.43

Атаев Т. С., Денисенко В. И., Кычанов М. В.  
Уральский федеральный университет,  
kem\_em@urfu.ru

## ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ЗАКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ

На кафедре электрических машин УрФУ на базе дизельных генераторов защищенного исполнения разрабатывается конструкция генераторов малой и средней мощности закрытого исполнения. С этой целью в конструкцию генератора были внесены некоторые изменения. В качестве возбудителя предлагается использовать защищенную патентом разработку кафедры – совмещенный многофункциональный бесщеточный возбудитель (СМБВ) [1].

В генераторе и системе возбуждения предлагается использовать наноструктурированные изоляционные материалы повышенной теплопроводности.

Такой выбор системы возбуждения и изоляционных материалов позволит увеличить надежность дизельной электростанции, обеспечить полную независимость генератора, в том числе и по питанию канала управления, высокий уровень самодиагностики; обеспечить возможность исполнения во взрыво- и пожаробезопасном исполнении, а также снизить эксплуатационные затраты.

В новой конструкции генератора закрытого исполнения для интенсификации охлаждения применена двухконтурная система с внутренним контуром осевого типа (рис. 1). В новой конструкции вентиляционные каналы [2], обычно размещенные между станиной и сердечником статора с помощью внутренних ребер, вынесены из машины и выполнены в виде труб, приваренных к внешней поверхности корпуса

Характерной особенностью такой конструкции является большая величина гидравлического сопротивления внутреннего контура вентиляции осевого типа.

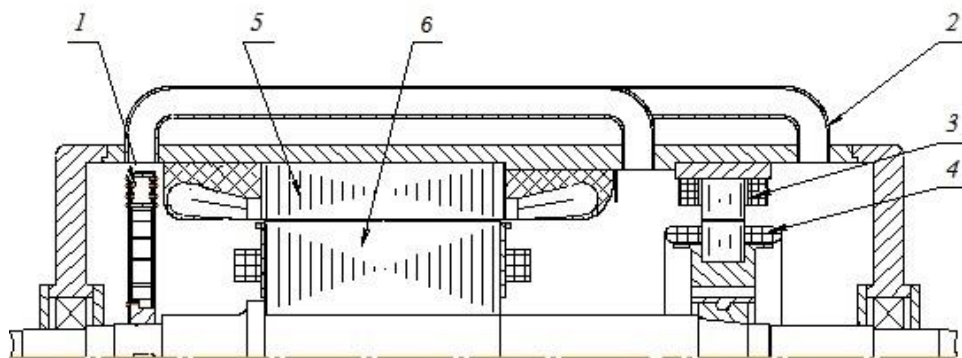


Рис. 1. Конструктивная схема дизельного генератора с бесщеточным возбудителем:  
1 – центробежный вентилятор; 2 – труба охлаждения; 3 – индуктор СМБВ; 4 – якорь СМБВ;  
5 – статор генератора; 6 – индуктор генератора

Было выяснено, что при увеличении расхода только во внутреннем контуре перегрев обмотки возбуждения уменьшается незначительно (в пределах 2–3 °С). Необходимый эффект достигается при условии увеличения расхода воздуха как во внутреннем, так и во внешнем контуре вентиляции. В соответствии с [3] применение вентиляционного узла на основе вентилятора с меридиально-ускоренным потоком позволяет увеличить расход во внешнем контуре в 1,5 раза.

При этом чтобы интенсифицировать теплоперенос из внутреннего контура вентиляции во внешний, необходимо полностью заменить ребра станины на охлаждающие трубы.

Для оценки теплового состояния генератора с возбудителем разработана полная эквивалентная тепловая схема (ЭТС) замещения, реализованная в пакете *MathCAD*. При разработке ЭТС учтены капсулирование лобовых частей обмоток генератора и возбудителя, подогрев воздуха в каналах и охлаждающих трубах.

Изменение перегревов наиболее важных узлов дизельного генератора после применения описанных выше мер показано в таблице. Увеличение числа труб при замене ребер корпуса позволило исключить перекус в перегреве обмоток возбуждения и якоря и снизить перегрев обмотки возбуждения до требуемого уровня.

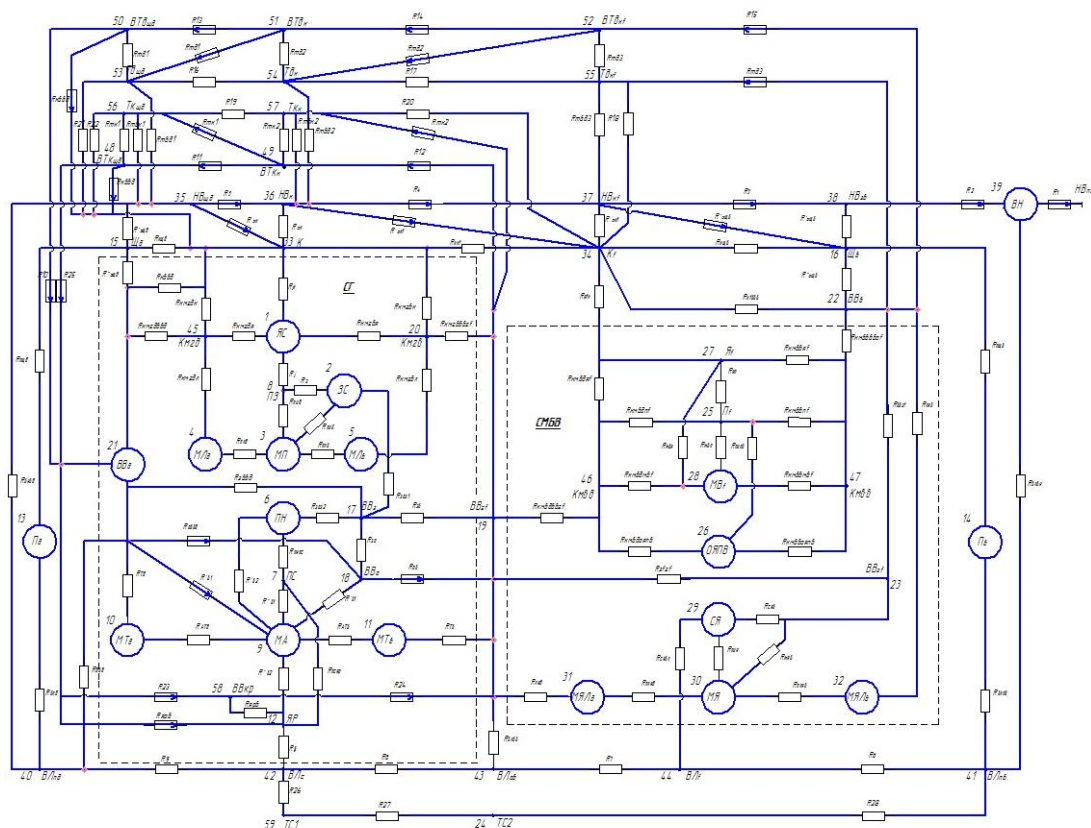


Рис. 2. Эквивалентная тепловая схема замещения дизельного генератора

В результате принятых мер дизель-генераторные установки закрытого исполнения могут быть выполнены в габаритах установок защищенного исполнения при изготовлении обмоток с классом изоляции Н.

Температурное поле дизельного генератора до и после внесения изменений в конструкцию

Номер узла	Обозначение узла	Название узла	Перегрев узла до, °С	Перегрев узла после, °С
3	МП	Медь пазовой части обмотки статора	88,05	107,39
4	МЛд	Лобовая часть обмотки статора, расположенная со стороны приводного дизельного двигателя	103,39	121,85
5	МЛв	Лобовая часть обмотки статора, расположенная со стороны внешнего вентилятора	103,13	121,6
9	МА	Медь аксиальной части обмотки возбуждения	131,9	123,7
26	ОЯПВ	Обмотка якоря подвозбудителя	79,88	77,2
27	Яf	Ярмо индуктора возбудителя	66,83	64,58
28	МВf	Медь обмотки возбуждения возбудителя	81,48	78,75
29	СЯ	Сердечник якоря возбудителя	98,44	96,99
30	МЯ	Медь пазовой части обмотки якоря возбудителя	128,12	126,65
31	МЯЛд	Лобовая часть обмотки якоря возбудителя, расположенная со стороны приводного дизельного двигателя	127,1	125,46
32	МЯЛв	Лобовая часть обмотки якоря возбудителя, расположенная со стороны внешнего вентилятора	127,38	126,06

#### Список литературы

1. Синхронная машина с совмещенным многофункциональным бесщеточным возбудителем: пат. 2095923 RU, МКИ 6 О2 К 19/38, 21/04 / Пластун А. Т., Денисенко В. И., Карташев В. Т., Гольдин Р. Г., Гольмаков Ю. И., Коренцвит Ф. Р., Шелепов А. С. № 9403168; заявл. 29.08.94; Оpubл. 1997, Бюл. № 31. 14 с.
2. Особенности конструкции и вентиляционной системы генераторов закрытого исполнения с применением наноструктурированных изоляционных материалов / М. В. Кычанов, А. Н. Мойсейченков, В. И. Денисенко, А. Т. Пластун, Т. С. Атаев // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: сб. докл. 3-й Международной конференции в рамках выставки «Энергосбережение, отопление, вентиляция, водоснабжение», 15–17 мая 2013 г. Екатеринбург : УрФУ, 2013. С. 179–182.
3. Затучная М. А., Пантюхов Л. Л., Федюшкин А. М. Аэродинамические исследования узлов вентиляторов закрытых электродвигателей и методика их вентиляционного расчета // Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. 1976. Вып. 6. С. 27–45.

УДК 621.311.22

Бабенко И. А, Вальцев Н. В.  
Уральский федеральный университет,  
sesohkansty@mail.ru

### МОДЕРНИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ТЭС В БОКСБЕРГЕ

В настоящее время при постоянно ускоряющемся росте производства и потребления вопрос получения большего количества энергии с меньшими затратами является одним из важнейших для благополучия и процветания общества. Большое количество электростанций работают на угле как одном из самых дешевых и имеющемся в большом количестве топливе. Рост выработки электроэнергии обеспечивается не только увеличением общего количества генерирующих мощностей, но и разработкой новых, более эффективных технологий производства. Последнее важно ещё и потому, что позволяет экономить топливо и снижать нагрузку на окружающую среду.

В России, к сожалению, мировые тенденции в энергетике приживаются далеко не сразу, что вызывает некую технологическую отсталость нашей страны и работу по старым принципам. Одним из лидеров в этой отрасли, безусловно, является Германия. Там строятся не только новые электростанции по самым современным технологиям, но и реконструируются и модернизируются старые. В качестве примера рассмотрим электростанцию, работающую под управлением компании *Vattenfall Europe* в г. Боксберге.

Первые агрегаты были введены в работу еще в 1966 г., в дальнейшем к 1980 г. было запущено 14 блоков общей мощностью 3520 МВт. После воссоединения Германии в 1990 г. 12 из них были остановлены (по 210 МВт каждый), а два по 500 МВт (N/P) модернизированы [1]. В середине 90-х был построен новый блок 900 МВт (Q), а в конце 2012 г. запущен блок мощностью